

Aplicação de Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR) na Determinação da Densidade Básica em Estilha de *Acácia melanoxylon* (R. Br.)

António Santos^{1,2,3,4}, Ana Alves^{1,3}, Rita Simões¹, Rogério Simões², Ofélia Anjos⁵, Mário Tavares⁴, Lina Nunes⁶, Sofia Knapic³, Helena Pereira³ e José Rodrigues¹

¹Instituto de Investigação Científica Tropical. Centro de Estudos de Tecnologia Florestal. Tapada da Ajuda, 1349-018 LISBOA

²Universidade da Beira Interior. Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel. Rua Marquês d'Ávila e Bolama, 6201-001 COVILHÃ

³Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

⁴INRB. L-INIA. Unidade de Silvicultura e Produtos Florestais. Quinta do Marquês, Av. da República, 2780-159 OEIRAS

⁵Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Quinta de Nossa Sr^a de Mércules 6001-909 CASTELO BRANCO

⁶Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Av. do Brasil 101, 1700-066 LISBOA

Resumo. O género *Acácia* inclui numerosas espécies, algumas economicamente importantes, que ocorrem naturalmente em zonas áridas na Austrália, Ásia, África e América.

Em Portugal espécies deste género foram introduzidas no início do século XX, em solos secos e arenosos ao longo da costa. A *Acacia melanoxylon* apesar de bem adaptada às condições ecológicas do país, não tem sido aproveitada, em parte devido ao desconhecimento das suas propriedades.

A densidade é considerada a mais importante propriedade da madeira por estar correlacionada com outras propriedades. Apesar de ser fácil de determinar, requer mão-de-obra intensiva e é demorada. O desenvolvimento de técnicas expeditas e não destrutivas como a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) permite a avaliação extensiva de um grande número de amostras com um custo muito inferior.

Neste trabalho desenvolveu-se um modelo para estimar a densidade básica na madeira de *Acacia melanoxylon* por NIR. A validação do modelo com amostras independentes mostrou um coeficiente de determinação elevado ($R^2=0,90$) e um erro baixo (RMSEV=16,7 kg/m³).

Introdução

No mercado mundial de fibra curta, a pasta branqueada de *E. globulus* ocupa um lugar de destaque, tendo como principal utilização a produção de papéis de impressão e escrita. Porém, a posição da espécie *E. globulus* poderá vir a ser ameaçada pela pasta de *Acacia* spp., nomeadamente *A. mangium*, proveniente dos países asiáticos (PAAVILAINEN, 2000). O crescente número de plantações com fins industriais, as boas condições ecológicas destas regiões (BALODIS e CLARK, 1998; MATHESON, *et al.*, 1998) e a qualidade da fibra (PAAVILAINEN, 2000; FUPING e ELIAS, 2003) constituem factores que potenciam a utilização desta matéria-prima. O elevado número de fibras por grama de pasta, o que confere ao papel

boa formação e elevada capacidade de difusão de luz, bem como as elevadas flexibilidade e colapsibilidade das fibras, o que facilita a densificação do papel com baixos consumos específicos de energia na refinação, são os factores subjacentes ao potencial desta matéria prima (PAAVILAINEN, 2000; FUPING e ELIAS, 2003).

Portugal tem boas condições ecológicas para o desenvolvimento de algumas espécies de *Acacia* spp., existindo alguns povoamentos espontâneos de *A. dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. cynophylla* e *A. longifolia*. Porém, os estudos relacionados com a qualidade destas matérias-primas para a aptidão papeleira são escassos. GIL *et al.* (1999), SANTOS *et al.* (2006), mostraram que as madeiras de algumas destas espécies apresentam uma boa aptidão para o processo de transformação em pasta crua. Para a indústria de pasta para papel a densidade da madeira é um dos parâmetros chave de qualidade do processo, uma vez que este tem forte influência no rendimento em pasta, no consumo específico de reagentes no cozimento e o teor de lenhina residual na pasta.

Numa tentativa de utilização da *A. melanoxylon* como fonte alternativa de matéria-prima para a indústria de pasta e papel, surge então a necessidade da criação de um método de determinação da densidade básica como primeiro parâmetro de qualidade.

Com o presente estudo pretende-se avaliar o potencial do NIR para estimar a densidade básica em madeira sólida de *Acacia melanoxylon* (R. Br.) em árvores provenientes de quatro povoamentos de Portugal continental.

Material e Métodos

Amostragem

O estudo foi feito com 20 árvores de *Acacia melanoxylon* R. Br, com idades compreendidas entre 28-43 anos, provenientes de quatro locais em Portugal (5 árvores por local: Caminha, Ponte de Lima, Viseu e Ovar). Em cada árvore foram colhidos seis discos ao longo do tronco (base, nível de despona da rolaria e os níveis de 5, 15, 35 e 65% da altura total da árvore). A caracterização geográfica e edafo-climática dos locais foram descritas por KNAPIC *et al.* (2006).

Determinação da Densidade Básica

A densidade básica das amostras foi determinada pelo método do deslocamento da água (TAPPI T 258 om-94).

Preparação das amostras

Em cada disco foi retirado um provete de 5cm de largura no sentido medula casca na direcção Norte. O restante disco foi transformado em estilha com uma espessura média de 5mm. A superfície da secção transversal dos provetos de madeira foram lixados numa lixadora de bancada, primeiro com uma lixa P40 seguido de uma nova lixagem com uma lixa P100. As amostras foram condicionadas em numa câmara climática a 22°C e com uma humidade relativa de 50% por um período de 48 horas antes da obtenção dos espectros.

Espectroscopia de infravermelho próximo

Os espectros de NIR nos provetes de madeira sólida, foram obtidos num espectrofotómetro de infravermelho próximo da marca Bruker, modelo Vector 22 N, com uma sonda de fibra óptica, colocada em contacto directo com a superfície da madeira. Estes espectros foram obtidos por reflectância difusa entre 12 000 e os 5100 cm^{-1} com uma resolução de 8 cm^{-1} e resultam da coadição de 50 varrimentos de leitura (scans). A aquisição dos espectros foi feita em cada provete no sentido medula casca a cada de 5mm na secção transversal, tendo-se calculado a média dos espectros obtidos por provete.

Resultados e Discussão

A densidade básica média dos provetes foi de 530 Kg/m^3 , com um máximo de 627 Kg/m^3 e um mínimo de 432 Kg/m^3 . Estes resultados são semelhantes aos encontrados para a mesma espécie a crescer na Argentina (IGARTÚA DORA e MONTEOLIVA, 2009) ou para espécies do mesmo género a crescer na Austrália (CLARK, 2001).

A Figura 1 mostra o gráfico da validação cruzada da densidade básica estimada por NIR versus a determinada pelo método de referência para, as 90 amostras. Como se verifica o modelo tem um elevado coeficiente de determinação da validação cruzada ($R^2=0,91$), e um baixo erro médio padrão da validação cruzada $\text{RMSECV}=11,4 \text{ Kg/m}^3$. De acordo com os resultados da validação cruzada o modelo requer três componentes principais ($\text{Rank}=3$).

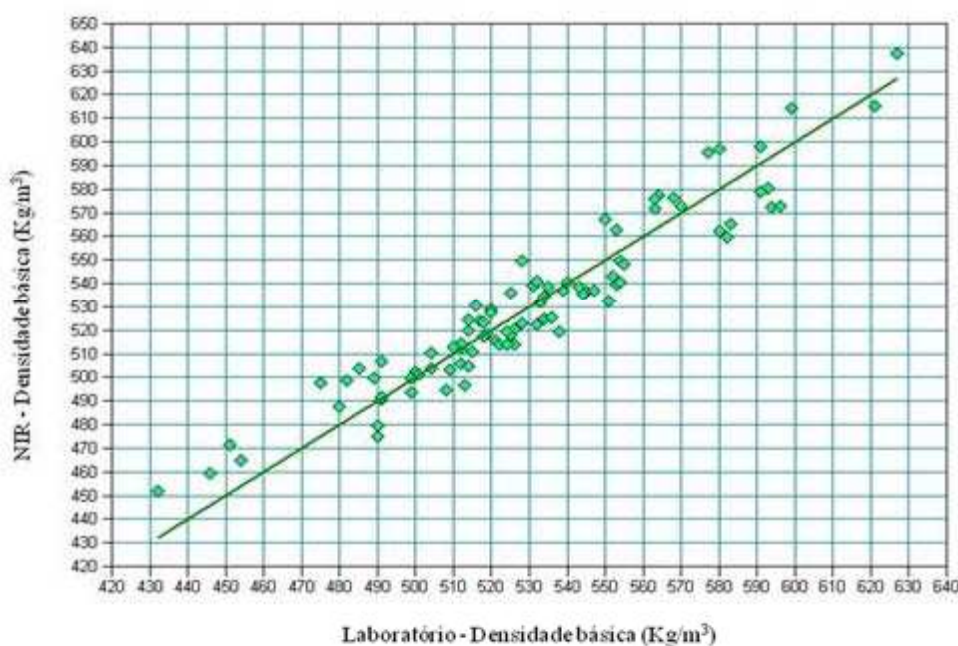


Figura 1 - Relação entre os valores preditos pelo modelo de validação cruzada e os valores da densidade básica obtidos em laboratório para o conjunto de 90 amostras

Para a validação externa do modelo usaram-se 19 amostras seleccionadas de modo a cobrir o intervalo de variação da densidade básica. A Figura 2, mostra a correlação dos valores de

densidade básica estimados pelo modelo versus os valores determinados pelo método de referência. A validação tem um coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,90$), semelhante ao obtido por validação cruzada, isto indica que o número de componentes principais usados é o número correcto. O erro padrão da validação que estima o poder preditivo do modelo é baixo $16,7 \text{ kg/m}^3$ (RMSEV) e próximo do mesmo erro da validação cruzada o que é um bom indicador da qualidade do modelo.

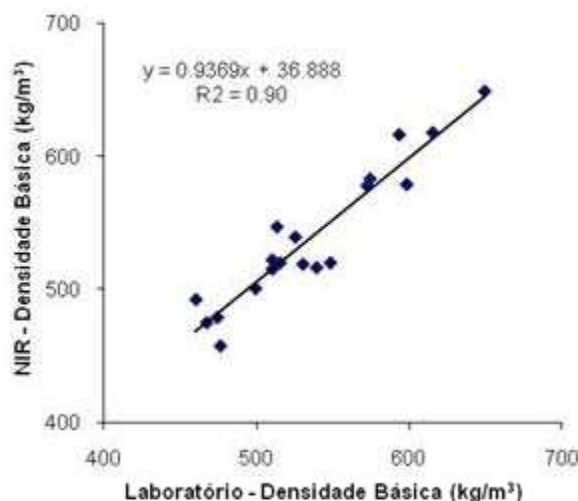


Figura 2 - Relação entre os valores preditos pelo modelo de validação cruzada e os valores da densidade básica obtidos em laboratório para o conjunto de 19 amostras

Os resultados obtidos indicam que este modelo tem erro padrão da validação mais baixo que os modelos encontrados na literatura. SCHIMLECK *et al.* (1999) obtiveram dois modelos de calibração para a densidade básica em dois locais diferentes com o número de componentes principais a variar entre 4 e 8, com um erro de calibração a variar entre 25 e 33 kg/m^3 , e um erro de validação a variar entre 32 e 27 kg/m^3 para o *Eucalyptus globulus*. HOFFMEYER E PEDERSEN (1995) desenvolveram um modelo com oito componentes principais para amostras de madeira de *Picea abies*, com um valor RMSEP de 19 kg/m^3 e igual RMSEC e um R^2 de 0,94.

Conclusões

A validação externa do modelo encontrado para estimar a densidade básica em madeira de *Acacia melanoxylon* por NIR mostrou um coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,90$) e um erro baixo (RMSEV=16,7 kg/m^3), revelando-se a espectroscopia de infravermelho próximo uma metodologia expedita, na determinação da densidade básica.

Agradecimentos

À Fundação para a Ciência e Tecnologia, pelo suporte financeiro, com o programa FEDER/POCTI, projeto AGR/42594/2001 e Bolsa de Doutoramento concedida ao primeiro e segundo autor (SFRH/BD\42073\2007 e SFRH/BD\28679\2006 respectivamente).

Referências bibliográficas

- BALODIS, V., CLARK, N.B., 1998. Tropical acacia – the new pulpwood. *APPITA Journal* **51**(19): 179-181.
- CLARK, N.B., 2001. Longitudinal density variation in irrigated hardwoods. *APPITA Journal* (54): 49-53.
- FUPING, L., ELIAS, R., 2003. Suitability of Acacia pulp for wood-free coating base papers. *APPITA Conference* 69-74 pp.
- GIL, C., AMARAL, M.E., TAVARES, M., SIMÕES, R., 1999. Estudo do potencial papelero da Acacia spp. In *Comunicações do 1º Encontro sobre Invasoras lenhosas*. Gerês, 171 pp.
- HOFFMEYER, P., PEDERSEN, J.G., 1995. Evaluation of density and strength of Norway spruce by near infrared reflectance spectroscopy. *Holz. Roh. Werkst.* (53): 165-170.
- KNAPIC, S., TAVARES, F., PEREIRA, H., 2006. Heartwood and sapwood variation in *Acacia melanoxylon* R. Br. Trees in Portugal. *Forestry* **79**(4): 371-380.
- MATHESON, A.C., HARWOOD, C.E., MICHELL, A.J., 1998. Tropical Australian Acacias. *APPITA Journal* **51**(7):261- 265.
- MONTEOLIVA, S., DORA, D.V.I., 2009. Densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R. Br en relación com la altura de muestreo, el árbol y el sitio. Investigación Agraria: *Sistemas y Recursos Forestales* **18**(1): 101-110.
- PAAVILAINEN, L., 2000. Quality competitiveness of Asian short-fibre raw materials in different paper grades. *Paperi ja Puu – Paper and Timber* **82**(3): 156-161.
- SANTOS, A.J.A., ANJOS, O.M.S., SIMÕES, R.M.S., 2006. Papermaking potential of *Acacia dealbata* and *Acacia melanoxylon*. *Appita J* (59): 58-64.
- SCHIMLECK, L.R., MICHELL, A.J., RAYMOND, C. A., MUNERI, A., 1999. Estimation of basic density of *Eucalyptus globulus* using near-infrared spectroscopy. *Can. J. For. Res.* (29): 194-201.
- TAPPI. Test methods: T 258 om-94. Atlanta, 1995.